

# 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

030808

「油」什麼差別？

學校名稱：桃園市私立六和高級中學(附設國中)

作者：  國二 謝蕎安  國二 呂晨彤	指導老師：  簡世隆  陳素玉
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：油水分離、含氟樹脂、接觸角

## 摘要

探討不同濃度含氟樹脂對不同針織物(擦拭紙、尼龍布、不織布及碳纖維布)疏水疏油及油水分離的影響。根據實驗結果，含氟樹脂的添加能使不同針織表面具有超疏水疏油性及油水分離特性。針對以上結果可以歸納以下幾項重點：氟比例的增加對於尼龍布接觸角沒有顯著的影響，但當氟比例高到 1% 以上，其水接觸角皆大於 160 度以上。尼龍布具有次微米級的纖維，需添加較高比例的氟，才能達到疏水效果。相較於擦拭紙與不織布針織表面，尼龍布不僅分離速率快，亦可達到油水分離性能佳的優勢。因此水的接觸角越高，油的接觸角越低，水與油的接觸角差異越大，此油水分離膜的效果越佳！而碳纖維厚度越厚，有利於疏水性提升，但分離速率慢且油水分離性能效率低。

## 壹、研究動機

- 一、蓮花效應：在電子顯微鏡下，發現蓮葉表面佈滿約 5-10 微米高，相距約 10-15 微米的微小凸塊。凸塊縫隙裡的空氣跟這些微小凸塊就造成了粗糙的表面結構。這些凹凸不平的表面本身又佈滿直徑約為 1 奈米的蠟質結晶，就是具有低表面能的化學物質。這兩個主要的特點——蠟質物料和微小而凹凸不平的表面，即可展現「蓮花效應」。

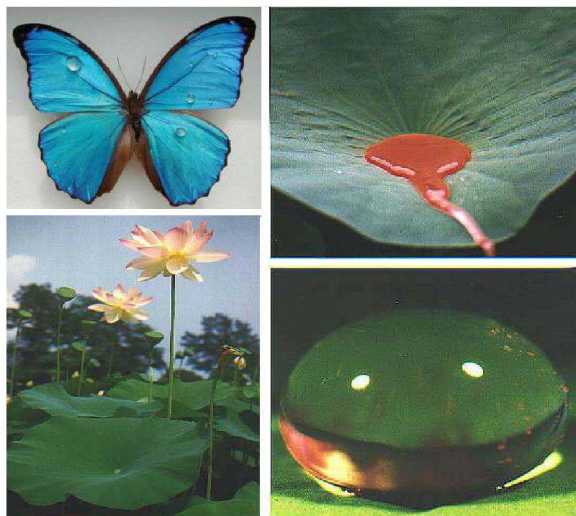


圖 1-1 蓮花效應

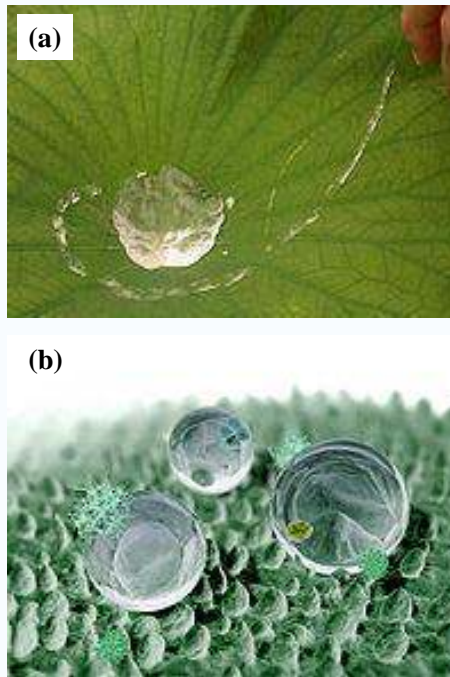


圖 1-2 (a)水珠在蓮花葉面滾動情形和(b)蓮花葉面之顯微鏡放大相片

(圖出自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%8E%B2%E8%8A%B1%E6%95%88%E5%BA%94>)

二、台灣的工業提供了台灣重要的經濟來源，自1970年來經濟迅速發展，但一體兩面的負面問題也不容小覷，環境汙染和生態破壞接踵而來，其中排放油廢水至今仍然是嚴重的問題。現今工業上的油水分離機是利用污水與油的比重差，使油粒子在經過一定時間的緩流和隔板的碰撞後浮於水面上，同時將分離出來的油脂截留在除油室內，再加以清除，並設置槽內熱水清洗系統進行定時清理，防止油脂堆積結垢。然而，這樣並不能將油水完全分離，所以我們希望可以找到一個快速、環保、有效率的方法。

三、綜合以上兩點論述，若能夠本著「師法大自然」的理念，以仿生的方法或是技術製備如蓮花表面之粗糙度，再加上如蠟質表面的表面處理，是否可以輕易達成自潔塗層的製備？可以達到疏水的目的？就像是爸爸常去登山的防水透氣外套，既不會太悶熱也不會被雨水打濕。以上的想法引導我研究進行此次科展的動機之一！既然此種自潔塗層具有高性能的疏水疏油效果，若能夠將此功能性塗層應用在各種布料上，是否可以成功的將受汙染的水源進行油水分離？有鑑於去年的黑心油事件以及國際上屢見不鮮的船舶油汙汙染事件，引發了我們高度的好奇心，更讓我想研究此議題！

## 貳、研究目的

### 一、疏水特性探討：

蓮葉上的蠟質物料是疏水性的。疏水性的意思是不「喜歡」水，或者從另一觀點看，水不「喜歡」它。因為這個特性，在疏水性的表面上，水分子傾向於聚在一起形成小水珠，這樣水分子才能遠離疏水性表面而靠近其他水分子。在蓮葉面上的蠟質物料具疏水性，導致水珠的形成。一般常見的疏油疏水日常用品，就是廚房常見的鐵氟龍不沾鍋。

一般的疏水表面必須具有高的粗糙度和低的表面能處理，各種液滴的接觸角( $\theta$ )是評估疏水能力最直接也最簡單的量測方式，一般而言接觸角必須大於 150 度才具有超疏水特性，如圖 2-1 所示，由水珠的斷面量測液滴接觸面與疏水表面的切線，即可輕易地得到接觸角的數值。本研究擬針對日常生活常見的針織表面進行氟化處理，這些針織表面包含擦拭紙、尼龍布、不織布及碳纖維布，探討的項目包含：不同氟比例的影響、不同針織表面的影響以及不同膜厚度的影響。

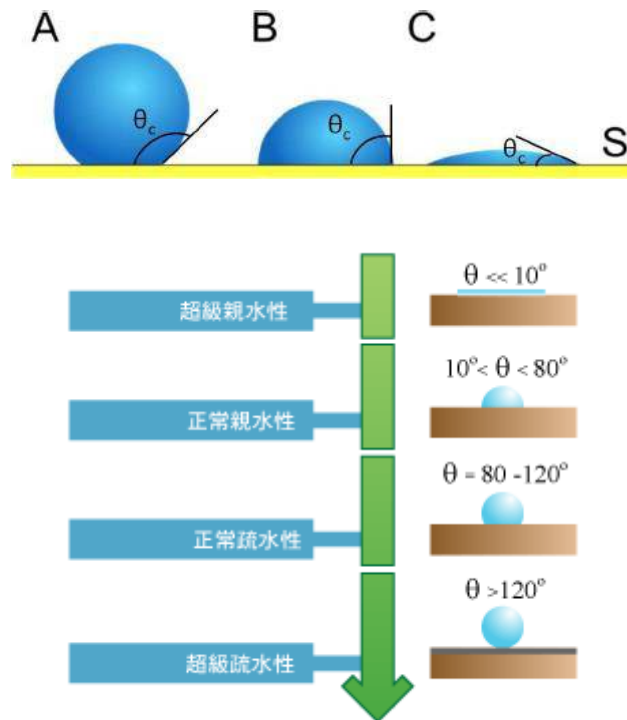


圖 2-1 量測接觸角之示意圖

### 二、油水分離特性探討：

油與水皆為液體，但由於油的比重約為 0.8 g/ml，而水的比重為 1 g/ml，因此兩者混和後

從表面看似兩者上下分離，但其實油分別以幾種不同的形式存在水中，分別為居於最上層的游離油(油滴大小： $> 150$  微米)、分散在中間位置的分散油(油滴大小： $20 - 150$  微米)與油水接觸面所產生的乳化油(油滴大小： $< 20$  微米)，這個形式是因為油與水接觸所發生的作用，而形成穩定的乳化油，是最難進行分離的狀態。

本次科展將以上所述四種針織表面（擦拭紙、尼龍布、不織布及碳纖維布）進行氟化處理，除了進行接觸角量測，更進一步進行油水分離實驗，以釐清其油水分離的能力，而工作項目包含：(1)不同氟比例的影響、(2)不同針織表面的影響以及(3)不同膜厚度的影響。

### 參、研究器材及設備

本實驗所使用的設備與藥品如下：數位相機、電子天平、純的含氟樹脂、滴管、三個玻璃樣本瓶、量筒、玻璃攪拌棒、磁石、不織布、尼龍布、擦拭紙、碳纖維布(0.35mm、0.50mm、0.65mm及0.90mm)、橡皮筋、真空烘箱、培養皿、電腦、純水、醬油、橄欖油。



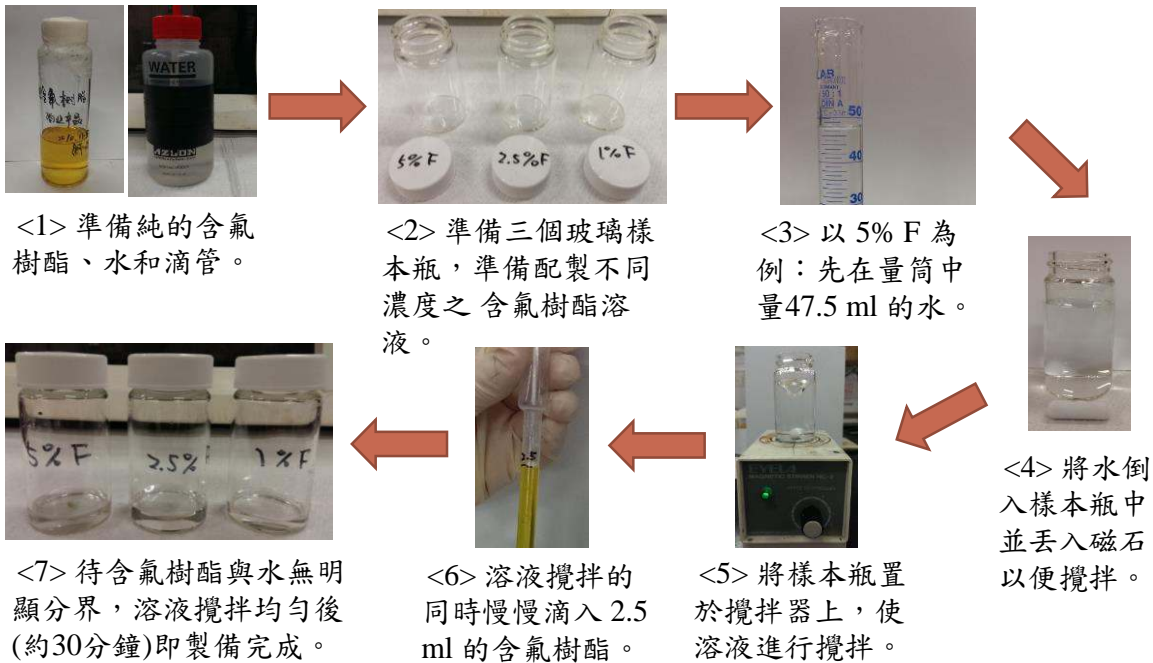
圖 3-1 從左開始分別是水、醬油、橄欖油

### 肆、研究方法與過程

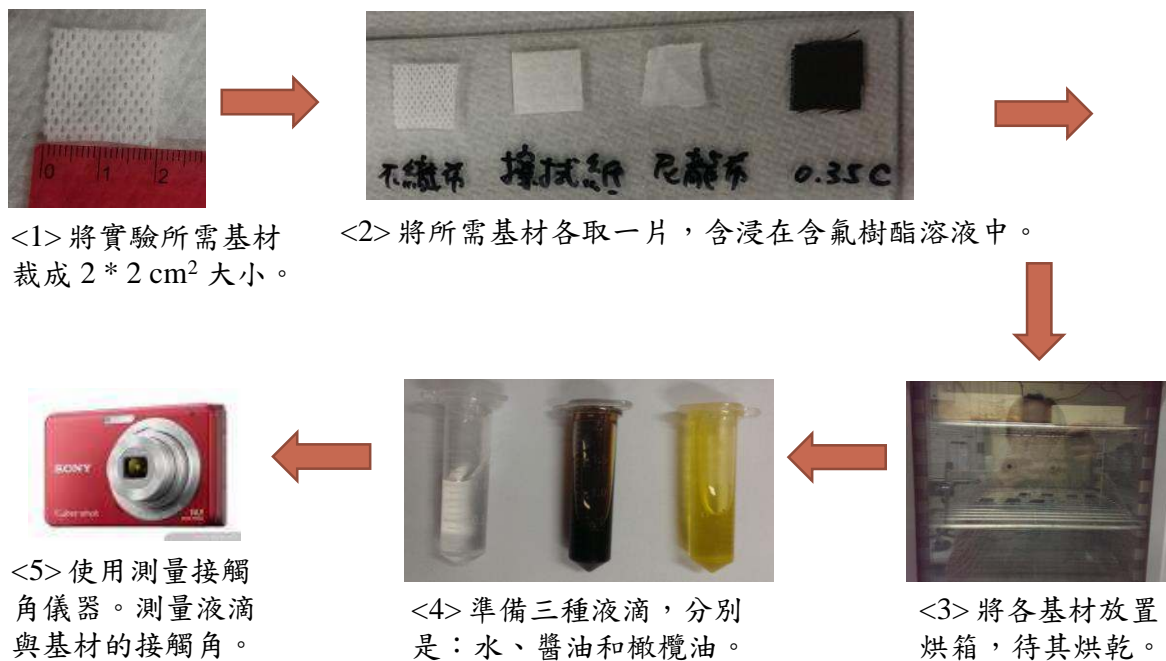
本研究實驗方法與流程可以詳細表示如下圖，其中包含：

- 一、圖 1 含氟樹脂溶液製備流程圖
- 二、圖 2 接觸角測量流程圖
- 三、圖 3.1 與 圖 3.2 油水分離實驗流程圖。

## 1. 含氟樹酯溶液製備流程圖

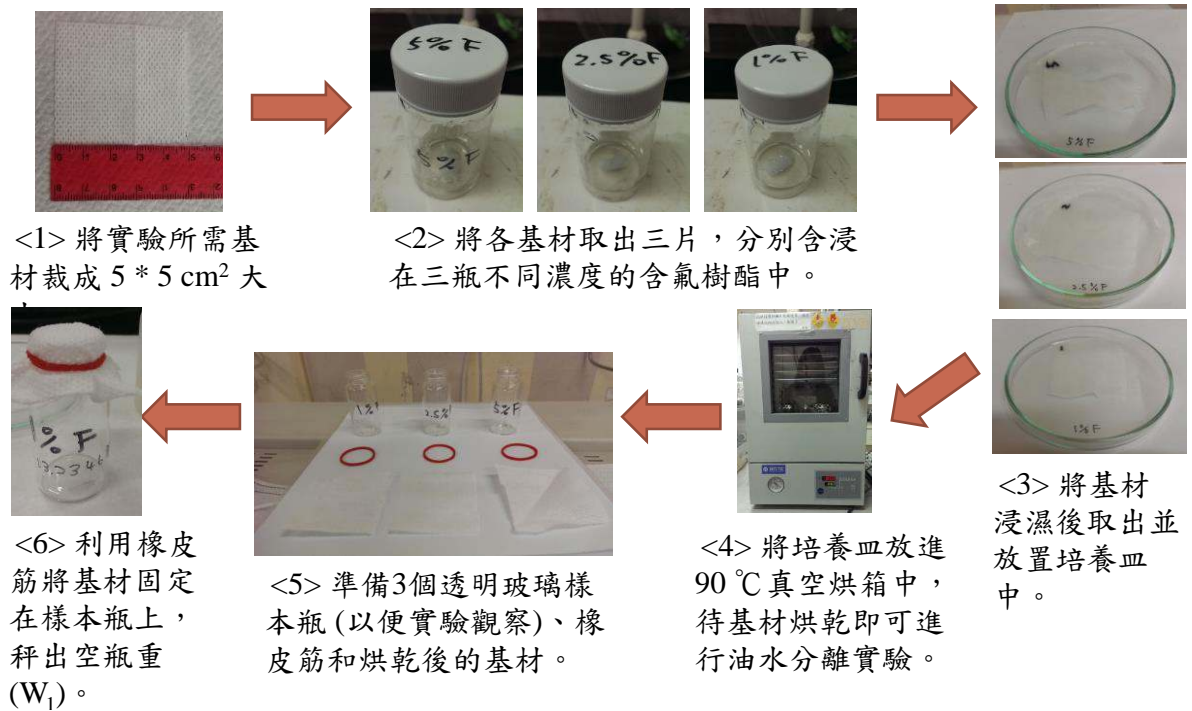


## 2. 接觸角測量流程圖

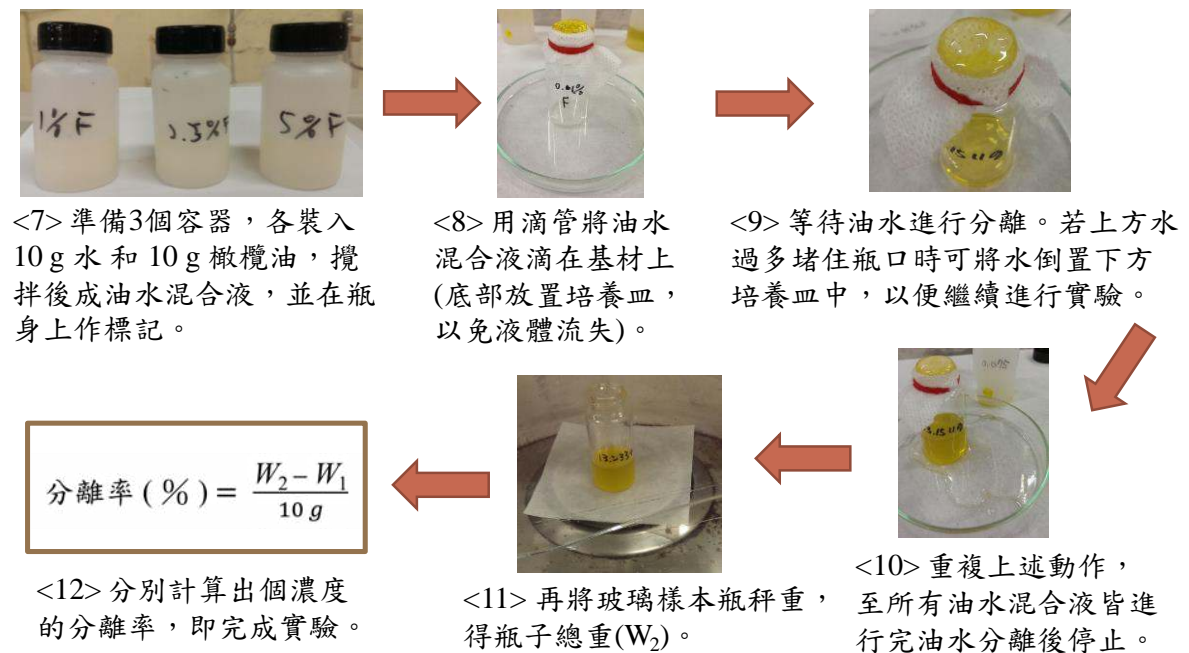




### 3.1 油水分離實驗流程圖



### 3.2 油水分離實驗流程圖



## 伍、研究結果

### 一、氟比例對接觸角的影響：

在進行接觸角量測之前，為了要知道不同針織表面之表面粗糙度，本研究特地至鄰近的大學實驗室進行微結構分析。圖 5-1 為電子顯微鏡放大倍率 200 倍之顯微相片，由圖中可知各種不同表面有不同纖維尺寸與不同編織方向。其中尼龍布與碳纖維布是由幾個微米的纖維編織而成，而且具有同向性；而擦拭紙則是由很粗糙的纖維雜亂交錯所構成，由此可知差異明顯不同。另外，本研究亦觀察到原始與表面氟化處理的纖維表面並沒有明顯的差異，因此可推測氟化處理的塗層應該很薄，所以針織表面仍保有原來的表面輪廓。

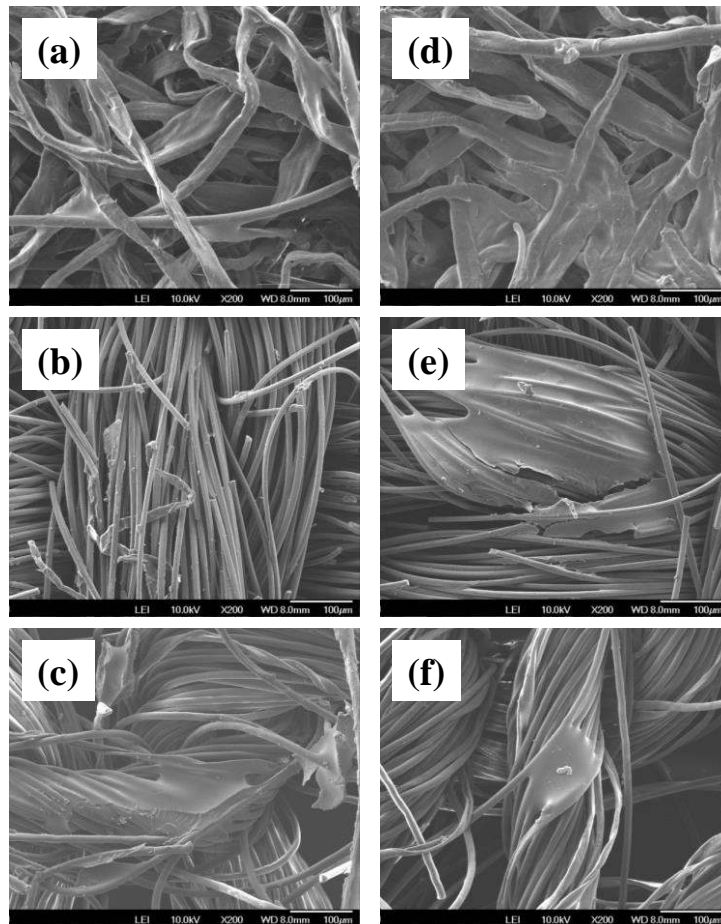


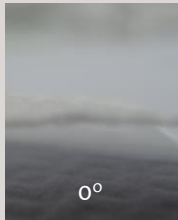
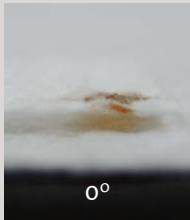
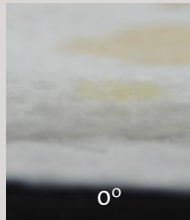



圖 5-1 電子顯微鏡相片在相同比例尺的情況下原始表面：(a)擦拭紙、(b)尼龍布和(c)碳纖維布  
氟化處理表面：(d)擦拭紙、(e)尼龍布和(f)碳纖維布

以下圖 5-2、5-3 及 5-4 分別為氟處理擦拭紙、尼龍布及不織布之蒸餾水、醬油及橄欖油液滴斷面相片。本研究以數位相機拍攝各種液滴相片，由圖中可知隨著氟比例的增加接觸角



亦呈現增加趨勢。此外，水的接觸角皆比橄欖油接觸角大，此結果顯示各種針織表面都有利於超疏水(接觸角大於 150 度)特性。

## 擦拭紙

氟比例 (%)	水	醬油	橄欖油
0 %	 0°	 0°	 0°
0.025 %	 145°	 155°	 135°

## 擦拭紙









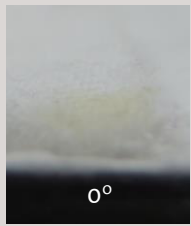



氟比例 (%)	水	醬油	橄欖油
0.05 %	 155°	 150°	 135°
0.075 %	 155°	 150°	 145°

圖 5-2 擦拭紙中加入不同氟比例，則三種液體接觸角不同

## 尼龍布

氟比例 (%)	水	醬油	橄欖油
0 %	 75°	 55°	 0°
1 %	 160°	 155°	 150°

## 尼龍布





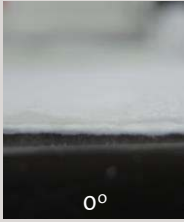
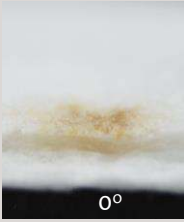
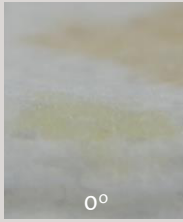


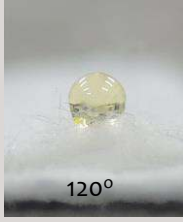
氟比例 (%)	水	醬油	橄欖油
5 %	 165°	 155°	 150°
10 %	 170°	 160°	 150°

圖 5-3 尼龍布中加入不同氟比例，則三種液體接觸角不同

## 不織布

氟比例 (%)	水	醬油	橄欖油
0 %	 0°	 0°	 0°
0.025 %	 135°	 130°	 120°

## 不織布

氟比例 (%)	水	醬油	橄欖油
0.05 %	 150°	 140°	 130°
0.075 %	 150°	 145°	 130°

圖 5-4 不織布中加入不同氟比例，則三種液體接觸角不同

## 二、膜厚度對接觸角的影響

圖 5-5 為原始碳纖維布在未經任何處理狀況下之不同液滴斷面圖，由圖可知原始碳布具有部分疏水能力，對於醬油及橄欖油則完全潤濕，幾乎沒有疏油能力。圖 5-6 為不同厚度之碳纖維對於不同液滴斷面圖，在含氟比例 5% 的情況下，各種碳纖維表面皆具有很高的疏水性能，其中碳纖維厚度越高，疏水疏油能力呈現正相關！尤其以厚度 0.90 mm 之碳纖維織接觸角趨近 170 度最高，顯見其疏水能力相當優異。

### 碳纖維布(未處理)


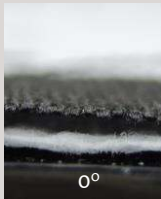




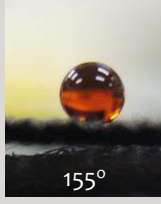
厚度 (mm)	水	醬油	橄欖油
0.35 mm	 40°	 0°	 0°

圖 5-5 原始碳纖維布不能使水完全吸收，但醬油和橄欖油則可以完全吸收

## 碳纖維布(氟比例 5%)

厚度 (mm)	水	醬油	橄欖油
0.35 mm	 150°	 140°	 135°
0.50 mm	 155°	 155°	 140°

## 碳纖維布(氟比例 5%)


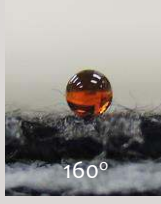
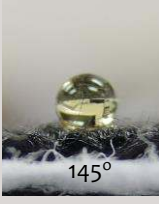

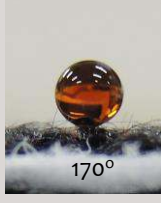

厚度 (mm)	水	醬油	橄欖油
0.65 mm	 160°	 160°	 145°
0.90 mm	 170°	 170°	 150°

圖 5-6 不同厚度的碳纖維布之三種液滴斷面相片及其接觸角數值

### 三、氟比例對油水分離率的影響

以下圖 5-7、5-8 及 5-9 分別為擦拭紙、尼龍布及不織布之油水分離率，由圖可知油水分離效率與針織表面及含氟比例有明顯關係。表 5-1 顯示各種針織表面之接觸角與油水分離效



率隨著氟比例亦有所增長，其關係將在後面討論。

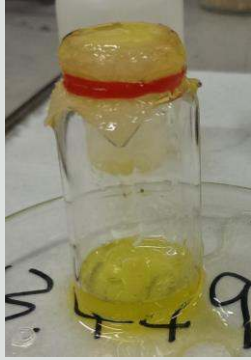


擦拭紙油水分離率			
氟比例 (%)	0.025	0.050	0.075
實驗照片			
分離率(%)	85.0	92.9	93.1

圖 5-7 不同氟比例對擦拭紙的油水分離效率

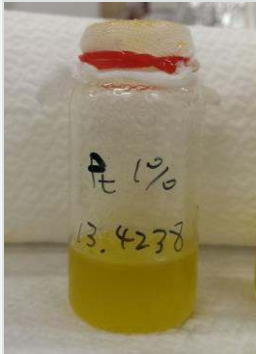
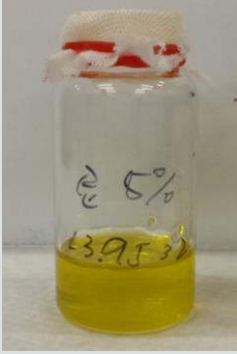

尼龍布油水分離率			
氟比例 (%)	1	5	10
實驗照片			
分離率(%)	97.8	97.5	97.8

圖 5-8 不同氟比例對尼龍布的油水分離效率

## 不織布油水分離率

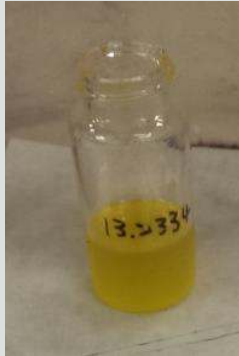
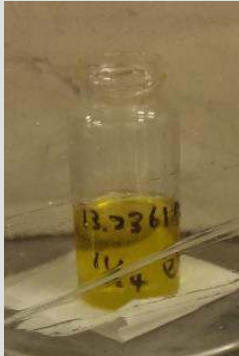
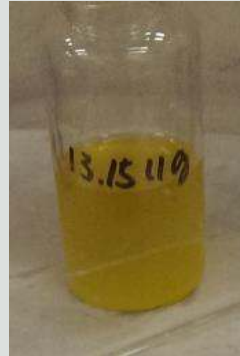
氟比例 (%)	0.025	0.050	0.075
實驗照片			
分離率(%)	65.4	93.5	91.1

圖 5-9 不同氟比例對不織布的油水分離效率

擦拭紙 (Wipes)				
氟比例 (%)	水(°)	醬油(°)	橄欖油(°)	油水分離率 (%)
0	0	0	0	0
0.025	145	155	135	85.1
0.050	154	152	135	92.9
0.075	156	150	145	93.1
尼龍布 (Nylon)				
氟比例 (%)	水(°)	醬油(°)	橄欖油(°)	油水分離率 (%)
0	75	55	0	0
1	161	155	148	97.8
5	165	156	150	97.5
10	168	158	152	97.8
不織布 (Nonwoven)				
氟比例 (%)	水(°)	醬油(°)	橄欖油(°)	油水分離率 (%)
0	0	0	0	0
0.025	135	130	120	65.4
0.050	150	140	128	91.1
0.075	152	145	132	93.5

表 5-1 不同氟比例對不同針織表面之接觸角及油水分離效率之影響

四、膜厚度對油水分離率的影響

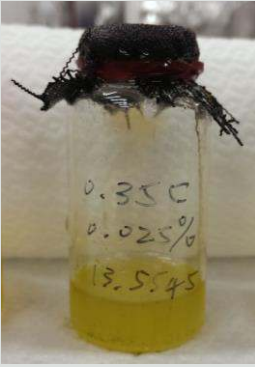


<b>0.35 mm碳纖維布油水分離率</b>			
氟比例 (%)	0.025	0.050	0.075
實驗照片			
分離率(%)	<b>80.3</b>	<b>90.7</b>	<b>96.9</b>

圖 5-10 碳纖維(厚度 0.35 mm)之油水分離率隨氟比例變化情形




<b>0.50 mm碳纖維布油水分離率</b>			
氟比例 (%)	0.025	0.050	0.075
實驗照片			
分離率(%)	<b>71.0</b>	<b>87.9</b>	<b>94.5</b>

圖 5-11 碳纖維(厚度 0.50 mm)之油水分離率隨氟比例變化情形

厚度 (mm)	水 (°)	醬油 (°)	橄欖油 (°)	油水分離率 (%)
0.35	150	143	135	96.9
0.50	154	155	140	94.5
0.65	162	162	144	91.7
0.90	168	167	148	83.2

表 5-2 不同碳纖維布之接觸角與油水分離率隨厚度的變化情形

## 陸、討論

### 一、不同材質氟比例對接觸角的影響

以下圖 6-1、6-2 及 6-3 分別為擦拭紙、尼龍布及不織布對不同液滴接觸角隨著氟比例增加之變化情形。由圖可知，擦拭紙、尼龍布與不織布隨著表面氟化程度增加，其蒸餾水與橄欖油接觸角皆有明顯提升，其中值得注意的是蒸餾水的接觸角明顯高於橄欖油，這表示這三種針織表面皆具有超疏水特性，疏油特性並不是特別顯著。比較這三種針織表面，其中尼龍布具有最高的水接觸角，在不同氟比例的情況下，接觸角皆超過 160 度，此結果可推測尼龍布的纖維尺寸僅有一個微米，相當於一根頭髮直徑的十分之一，此種結構較近似於蓮花表面的次微米粗糙表面，因此水珠液滴較不容易在含氟的次微米結構潤濕，會有較多的空氣層頂住液滴，因而水接觸角較大。

由本實驗也可知道由於尼龍布的纖維較細，因此需要添加更多的氟樹脂才能達到完全疏水的目的，而其他二種針織表面其纖維較粗，因此添加比例較少。

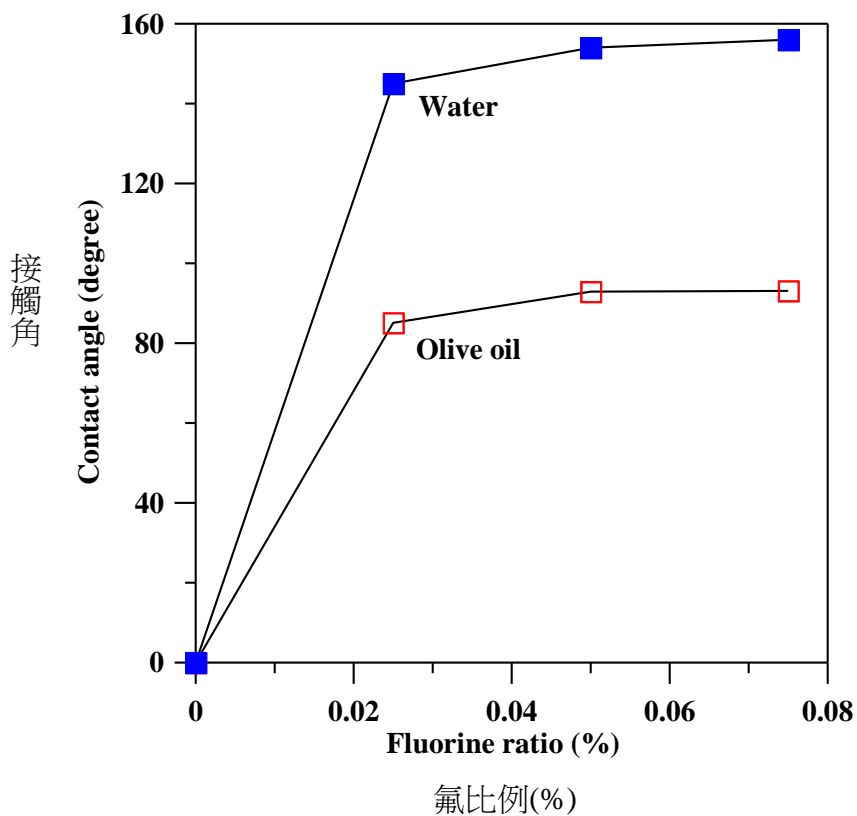


圖 6-1 擦拭紙之氟比例的增加，水和橄欖油的接觸角也增加

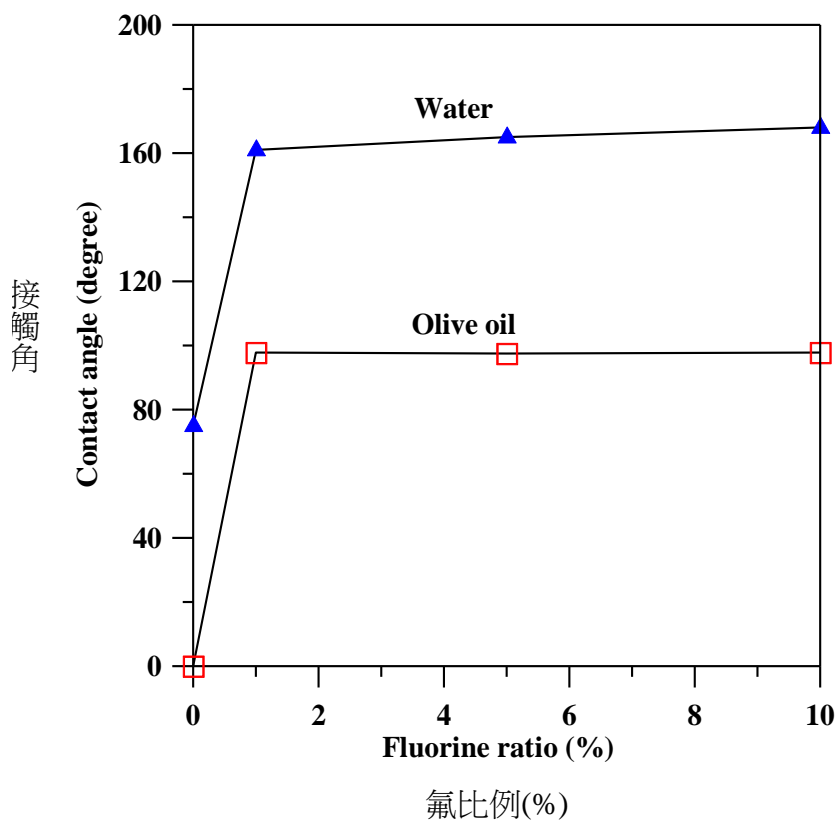


圖 6-2 尼龍布之氟比例的增加，水和橄欖油的接觸角也增加



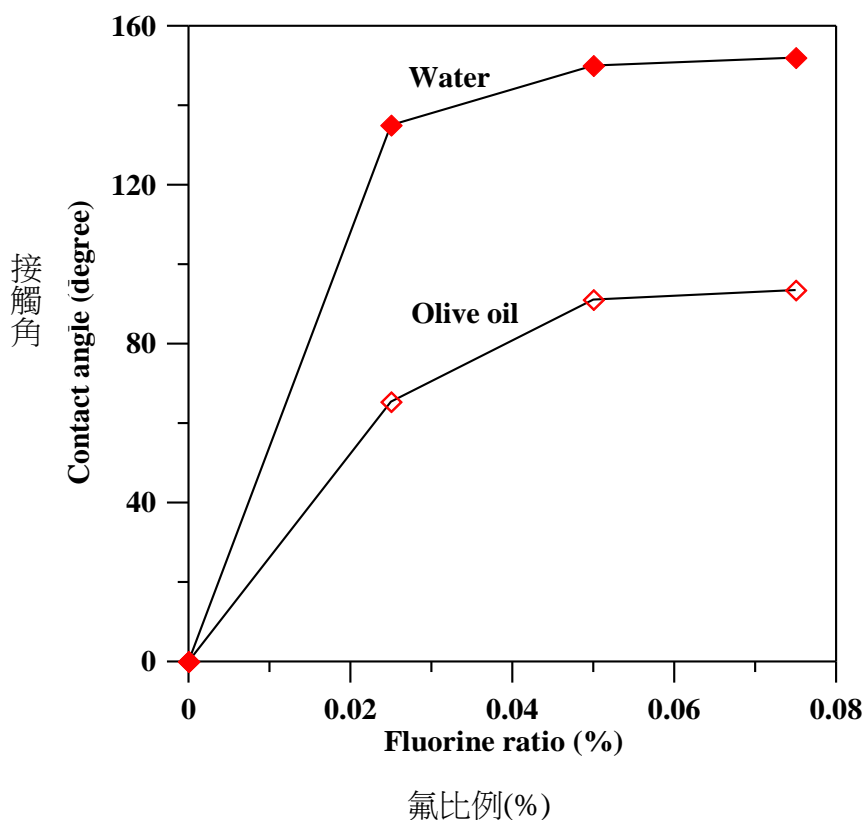


圖 6-3 不織布之氟比例的增加，水和橄欖油的接觸角也增加

## 二、膜厚度對接觸角的影響

為了了解膜厚度對接觸角的影響，本實驗將蒸餾水及橄欖油接觸角隨碳纖維厚度的變化情形表示如圖 6-4。本研究由圖中可觀察兩種液滴之接觸角皆隨著膜厚度的增加而增加，這個有趣的現象值得本研究討論。一般而言液滴的接觸表面與表面粗糙度和表面能有關，而本研究是在含氟比例皆為 5% 的情況下所量測，且碳纖維表面都是由數以千計的碳纖所構成，表示表面粗糙度應該是一致的，因此我們推論接觸角的大小應該與碳纖維的厚度息息相關。由於碳纖維越厚，在液滴下方所累積的空氣層比例越高，因此推測空氣浮力可幫助液滴矗立於碳纖維表面，如此一來使得液滴接觸角變大。

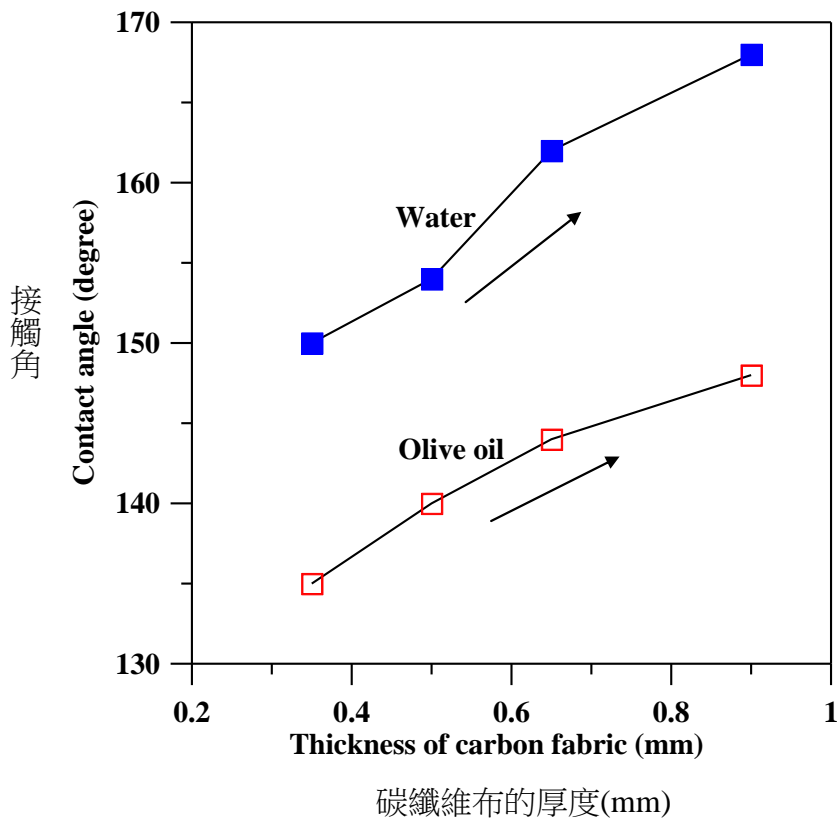


圖 6-4 碳纖維布厚度增加，水和橄欖油的接觸角也跟著增加

### 三、不同材質氟比例對油水分離率的影響

為了釐清氟比例對油水分離率的影響，我們繪製圖 6-5 及 6-6 之三種不同針織表面對油水分離率的變化情形。針對擦拭紙與不織布兩種表面，我們發現油水分離率皆隨著氟比例增加而變高；而尼龍布在不同的氟比例下，其油水分離率皆高於 96%，此結果顯示尼龍布具有相當優異的油水分離性能。推測其原因在於尼龍布相較於其他兩種針織物具有比較纖細的纖維結構，在執行油水分離過程的第三階段，水滴不易沾濕，油滴則容易穿透膜層，因此油水分離效果佳。此論點可由本研究發現的兩個現象來予以證實。其一，由上一章節可知尼龍布擁有較佳的疏水特性，較差的疏油特性，因此水滴容易被阻擋於膜表面，油滴則可輕易貫穿；其二，本研究進行油水分離操作時，尼龍布完成油水分離程序僅需要數分鐘即可以完成，但其他兩種針織表面卻需要長達二十分鐘以上，顯見其分離速率受到針織物表面結構的影響相當大。

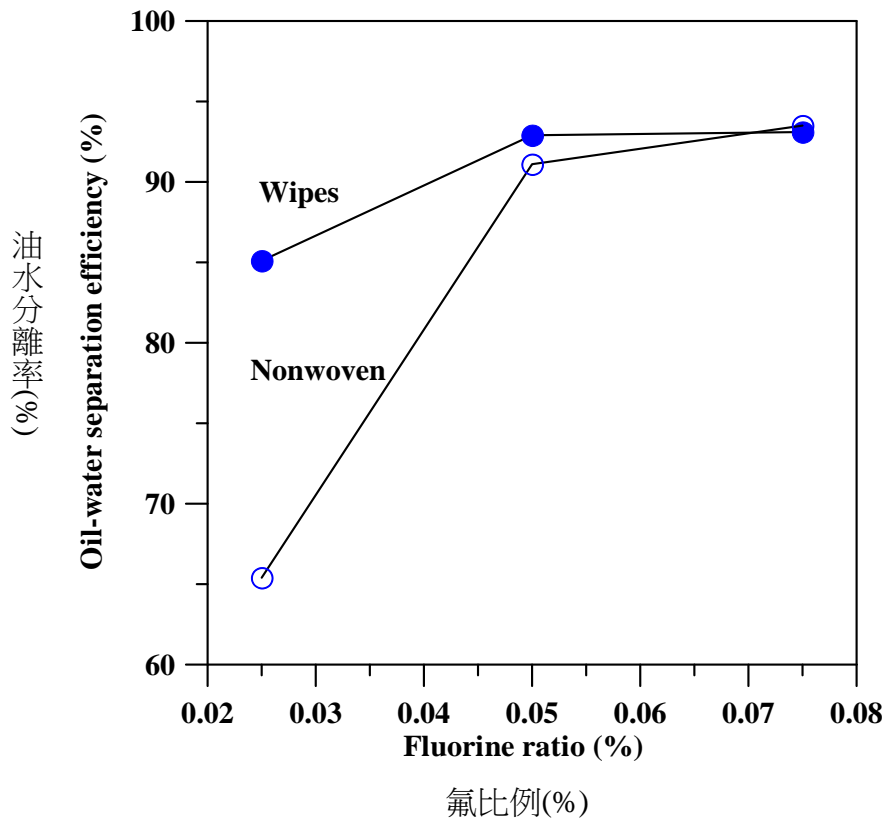


圖 6-5 氟比例的增加使擦拭紙和不織布的油水分離率變高

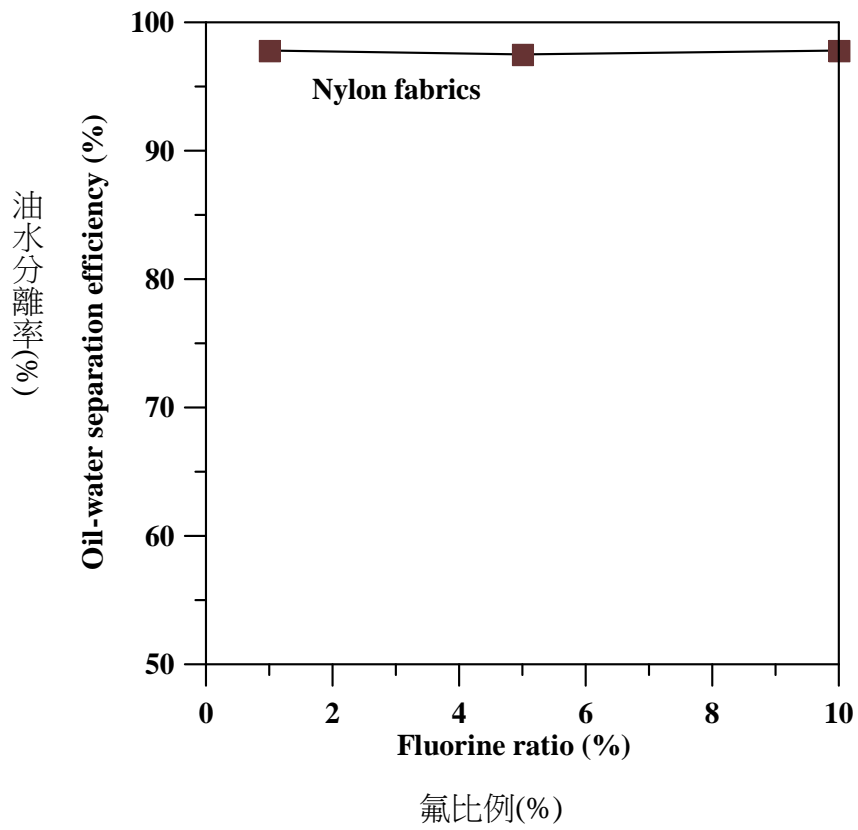


圖 6-6 氟比例多寡對於尼龍布的油水分離率都很高

#### 四、膜厚度對油水分離率的影響

本實驗嘗試釐清油水分離率隨膜厚度變化所造成的影響，圖 6-7 為兩者之間的相對關係變化圖。由圖中發現油水分離率隨著膜厚度增加而有相當不利的影響，當膜厚度為 0.35 mm 時，其油水分離率高達 96% 以上，隨著膜厚度增加到 0.90 mm，其油水分離率降低 83%。此現象結果顯示，當油水分離時水珠雖然被排除於碳纖維表面，但油珠卻無法很輕易的穿過膜層，部分的油滴甚至沾濕了碳纖維，造成油水分離效果不佳，此現象對於膜厚度越大的碳纖維更為明顯，因此膜太厚不利於油水分離膜的使用。

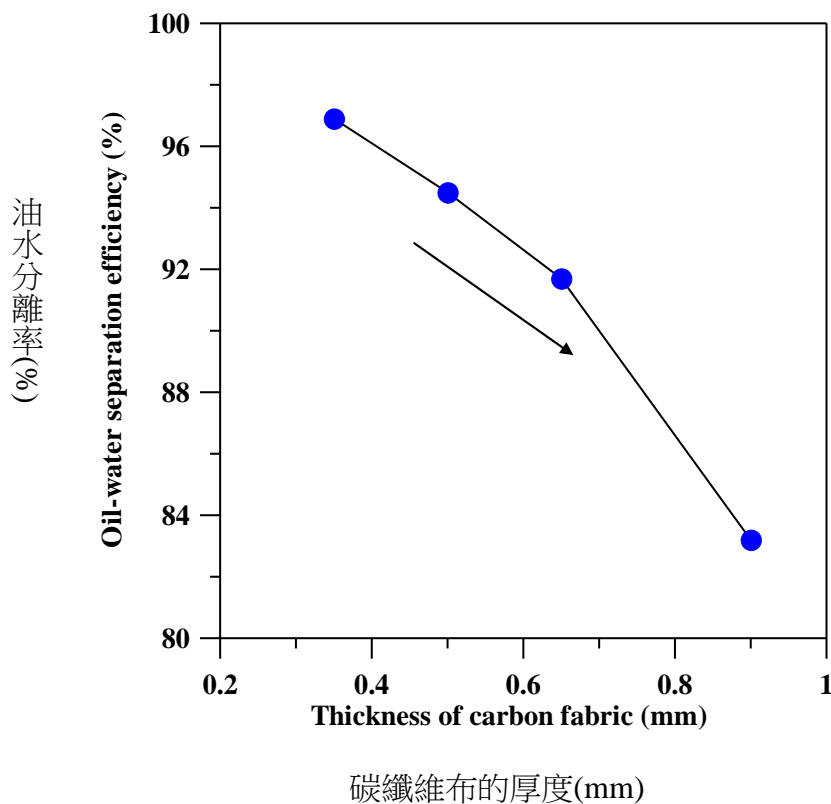


圖 6-7 碳纖維布厚度的增加對於油水分離率之變化情形成反比

## 柒、結論

根據實驗結果顯示，含氟樹脂的添加有效使不同針織表面具有超疏水、疏油性及油水分離特性。針對以上結果與討論，本研究可以歸納以下幾項研究重點：

- 一、氟比例的增加對於擦拭紙與不織布之液滴接觸角皆有提升，有利於疏水效果。
- 二、氟比例的增加對於尼龍布之液滴接觸角並沒有顯著的影響，但當氟比例高到 1% 以上，其水接觸角皆大於 160 度以上。
- 三、尼龍布由於具有次微米級的纖維，需要添加較高比例的氟，才能達到疏水的效果。
- 四、相較於擦拭紙與不織布針織表面，顯示尼龍布不僅分離速率快，亦可達到油水分離性能佳的優勢，其最佳油水分離率可達 97.8% 以上。因此，水的接觸角越高，油的接觸角越低與油的接觸角差異越大，此油水分離膜的效果越佳！故，水珠與油滴的接觸角大小將可以當作未來評估油水分離膜的重要依據之一。
- 五、碳纖維厚度越厚雖然有利於疏水性能提升，卻使得分離速率慢且油水分離性能效率低，並不適用於未來油水分離膜的工業應用。

基於以上所述，本研究提供一種簡單的塗佈方法，在製作過程上可以降低成本，並有效加強油水分離的實用性，運用在工業排放油廢水之前，短時間且高效率的條件下進行油水分離，降低排放廢水的油含量。不僅如此，這種油水分離薄膜也可以運用在海上的漏油事件，可在第一時間迅速地將漏油回收，降低燃料油對海洋生態的汙染。最後，這種可以重複使用的油水分離膜，讓資源不再浪費，有效達到回收再利用的環保概念。



## 捌、參考資料及其他

- 一、涂齡方、賴玉玲、張瀨予、柯怡聿 (民 97)。國民中學自然與生活科技第四冊(2-4 酸鹼的濃度及 4-2 可逆反應與平衡)。臺北市 康軒文教出版
- 二、接觸角測量方法(民 98)。欣創達科技有限公司。取自 <http://www.sindatek.com/Method.htm>
- 三、蓮花效應的原理(無日期)。原子世界。取自 [http://hk-phy.org/atomic\\_world/lotus/lotus02\\_c.html](http://hk-phy.org/atomic_world/lotus/lotus02_c.html)
- 四、張育唐/陳藹然(民 100)。接觸角(Contact Angle)。民 100 年 5 月 26 日，取自 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=27484>
- 五、陳俊清/洪連輝(民 100)。蓮花效應〈Lotuseffect〉。民 100 年 2 月 14 日，取自 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=20462>
- 六、王睦凱(民 97) 蓮葉只有超疏水性嗎？－蓮花效應之再探討。國立屏北高中高一 1 班，未出版，屏東縣。
- 七、佛布茲(民 97)。「不怕髒的仿生材料」。科學人，79，68-75。
- 八、王郁涵(民 97)。「師法自然 滾動創意」。科學發展月刊，429，75-76。
- 九、馬振基(民 94)。奈米材料科技原理與應用。臺北市。
- 十、葉瑞銘(民 93)。奈米科技導論。新北市。
- 十一、吳政毅(民 101)。以靜電紡絲製備油水分離膜之研究。國立高雄應用科技工程與材料工程系碩士論文。
- 十二、馬遠榮(民 91)。奈米科技。臺北市。
- 十三、比重跟密度的關係(民 96)。臺中市:國立自然科學博物館。民 96 年 6 月 2 日，取自 <http://web2.nmns.edu.tw/Boards/discussion/discussion-1.php?sid=18&id=2132&>
- 十四、林瑋隆/李頂立(民 96)。表面粗糙結構對疏水性影響之應用與研究。臺中市私立華盛頓高級中學/國立台中高級工業職業學校，未出版。
- 十五、油水分離機(無日期)。誼鴻環保科技有限公司。取自 [http://www.e-horng.com.tw/product\\_5.html](http://www.e-horng.com.tw/product_5.html)

## 【評語】 030808

用有限的工具，完成研究的目的，值得鼓勵。唯應用性不高，  
可以更加努力。